

Natural Gas Vehicle (NGV): Status Teknologi dan Peluang Pengembangannya

Roni Muhammad Susanto^{1*}, Muji Setiyo^{1,2}

¹Program Studi Mesin Otomotif, Universitas Muhammadiyah Magelang

²Unimma Autocare, Universitas Muhammadiyah Magelang

*Email: ronimuhammad24@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.31603/ae.v1i01.2000>

Dipublikasikan oleh Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang dan Association of Indonesian Vocational Educators (AIVE)

Abstrak

Article Info

Submitted:

09/04/2018

Revised:

13/04/2018

Accepted:

15/04/2018

Artikel ini menyajikan sebuah review teknologi kendaraan berbahan bakar *Compressed Natural Gas* (CNG) atau yang dikenal dengan *Natural Gas Vehicle* (NGV). Metode review yang digunakan adalah dengan membandingkan teknologi *Bosch Compressed Natural Gas Powertrain* dengan beberapa laporan penelitian yang relevan dari segi output daya mesin, efek lingkungan, dan manfaat secara ekonomi. Hasil studi ini menunjukkan bahwa output daya kendaraan yang dioperasikan dengan CNG lebih rendah daripada yang dioperasikan dengan bensin atau LPG karena efisiensi volumetrik yang rendah. Namun demikian, dari aspek lingkungan dan aspek ekonomi, kendaraan CNG menjanjikan untuk dikembangkan pada masa sekarang dan masa yang akan datang karena faktor kesediaan di alam. Meskipun ketercapaian BEP kendaraan yang dikonversikan dari bensin ke CNG lebih lama daripada LPG, kendala ini dapat diatasi dengan pemberian insentif oleh pemerintah untuk percepatan program konversi.

Keywords: CNG, Konversi, Output daya, Efek lingkungan

1. Pendahuluan

Gas alam terkompresi/*Compressed Natural Gas* (CNG) telah menjadi bahan bakar alternatif sektor transportasi darat yang lebih bersih dengan menghasilkan polutan udara yang lebih sedikit daripada kendaraan yang beroperasi dengan bensin. Fluktuasi dan cenderung meningkatnya harga bahan bakar minyak telah mempengaruhi ekonomi banyak negara dan kemampuan ekonomi masyarakat di seluruh dunia. Dalam beberapa tahun terakhir, tekanan global terhadap penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar untuk kendaraan telah

mengharuskan untuk melakukan pencarian dan pemanfaatan terhadap energi alternatif [1]–[5].

Saat ini, CNG bersama sama dengan LPG dan ethanol telah mengambil peran penting sebagai bahan bakar alternatif. LPG memiliki semua sifat kunci sebagai pengganti bensin dengan infrastruktur yang lebih murah daripada CNG karena tekanannya yang lebih rendah dan relatif lebih mudah ditransportasikan. Performa kendaraan LPG telah berhasil ditingkatkan melalui berbagai penyesuaian komponen mesin dan perbaikan sistem-sistem yang ada [6]–[11]. Sayangnya, sebagian besar LPG merupakan produk refinery sehingga ketersediaannya sangat

bergantung pada produksi minyak [1], [12]. Sementara itu, ethanol juga memiliki karakteristik yang baik sebagai pengganti bensin. Ethanol memiliki jaminan ketersediaan yang lebih baik karena diproduksi dari tanaman. Namun demikian, praktek produksi dan aplikasi pada skala besar akan berbatasan kepentingan dengan ketersediaan lahan untuk memproduksi bahan makanan [13]–[15].

Untuk itu, mengubah bahan bakar bensin menjadi CNG dapat memberikan alternatif yang lebih baik karena alasan properti dan ketersediaannya sebagai gas alam. Meskipun, ketersediaan yang melimpah tersebut juga tidak bisa dengan mudah untuk dimanfaatkan dalam skala besar [16]. Keuntungan lain dari CNG tidak hanya sebagai bahan bakar yang lebih murah dibandingkan dengan bensin tetapi sekaligus mengurangi ketergantungan pada minyak dan memenuhi peraturan dan masalah lingkungan [17], [18].

CNG adalah salah satu bentuk gas alam campuran yang terdiri dari lebih dari 93% metana (CH_4), 3% etana dengan sisanya berupa nitrogen, karbon dioksida, dan alkena [19]. Namun demikian, tidak ada jaminan komposisi secara pasti pada setiap produk CNG karena sangat bergantung pada lokasi dimana gas alam sebagai bahan dasarnya diperoleh, seperti yang ada dalam sebuah artikel yang dipublikasikan oleh Tahir dkk. [20].

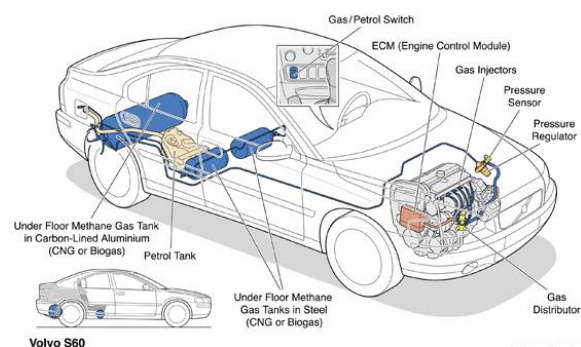
CNG memiliki masa jenis yang lebih kecil daripada udara, sehingga resiko kebakaran lebih rendah daripada LPG yang memiliki masa jenis yang lebih besar dari udara [21]. CNG dibuat dengan melakukan kompresi gas metana yang diekstrak dari gas alam, penyimpanan CNG dilakukan dengan mengkompresikannya ke 200 bar dalam sebuah *pressure vessel* untuk dapat digunakan dalam kendaraan. Kebijakan penggunaan CNG untuk kendaraan di suatu negara mungkin berbeda dengan negara yang lain. Namun, secara umum ada lima keuntungan yang bisa diperoleh, yaitu: 1) emisi; 2) biaya; 3) keamanan; 4) fleksibilitas; dan 5) cadangan gas yang melimpah [22]. Untuk itu, artikel ini menyajikan sebuah review teknologi terhadap

salah satu jenis teknologi kendaraan bi-fuel yang dioperasikan dengan bensin dan CNG yang diperkenalkan oleh Bosch [23].

2. Status Teknologi CNG pada Mesin Spark Ignition (S.I)

Kendaraan yang menggunakan CNG adalah kendaraan yang mulanya menggunakan bensin. Penggunaan sistem bahan bakar ini dinamakan bi-fuel, karena bahan bakar digunakan secara bergantian. Untuk memodifikasi kendaraan yang semula menggunakan bensin menjadi bi-fuel, maka diperlukan komponen tambahan berupa CNG converter kits yang setidaknya terdiri dari komponen utama seperti tangki, *pressure regulator*, *high pressure sensor*, *fuel rail*, *injector*, *medium pressure and temperatur sensor*, dan *Engine Control Modul (ECM)* untuk CNG.

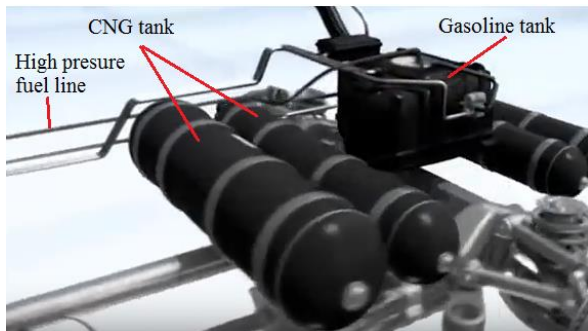
Pada sistem bi-fuel, pengemudi cukup memilih mode bahan bakar yang akan digunakan dengan cara menekan saklar atau memutar switch bahan bakar yang berada dekat dengan pengemudi. Namun, sistem bi-fuel ini memiliki kelemahan, salah satunya pada penambahan berat total kendaraan seperti yang terlihat pada Gambar 1, dimana terdapat tangki tambahan dan beberapa komponen yang memerlukan ruang meskipun itu di luar kabin penumpang.



Gambar 1. Sistem Bi Fuel CNG/bensin [24]

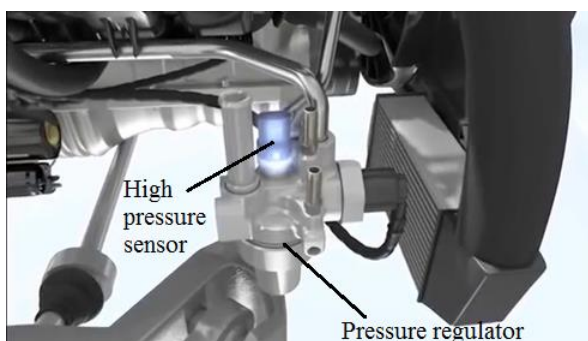
Keuntungan lain dari penggunaan bahan bakar CNG adalah handal saat kondisi lingkungan dingin, bahkan pada cuaca ekstrim di Negara-negara yang mengalami musim dingin. Molekul gas CNG tetap akan mudah menguap dan tercampur dengan oksigen sehingga kualitas campuran bahan bakar dengan udara lebih baik daripada bensin [23].

Karakteristik dari sistem bahan bakar CNG adalah memiliki tekanan yang tinggi pada tabung penyimpanan. Sebuah kompresor digunakan di SPBG untuk memasukkan CNG ke tangki penyimpanan pada kendaraan sehingga kondisi gas menjadi bertekanan tinggi (200 bar). Tangki CNG dan tangki bensin diletakkan bersebelahan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. CNG dari tabung disuplai ke *fuel rail* melalui pipa tekanan tinggi.



Gambar 2. Tangki bensin dan tangki CNG pada mesin bi-fuel [23]

Karena tekanan CNG yang tinggi, maka diperlukan pengontrol tekanan bahan bakar menggunakan sebuah *pressure regulator*, komponen ini mengatur tekanan CNG yang menuju ke *fuel rail* agar tetap stabil sebelum diinjeksikan ke ruang bakar. *High pressure sensor* bekerja dengan prinsip mekanika selenoid, sehingga jika terdapat tekanan yang melebihi spesifikasi, katup selenoid di dalam sensor akan membuka untuk mengurangi tekanan. Tekanan yang distabilkan ini sebagai dasar untuk pengontrolan volume injeksi. *Pressure regulator* yang dilengkapi dengan *highpressure sensor* ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut.

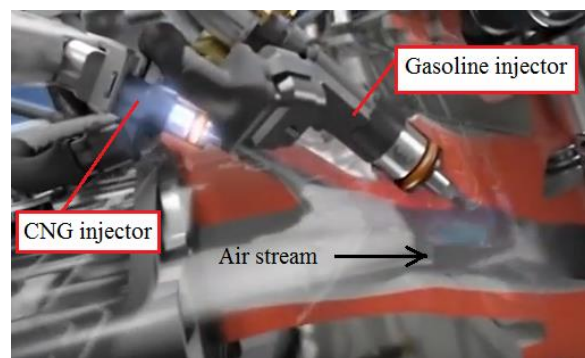


Gambar 3. *Pressure regulator* yang dilengkapi dengan *high pressure sensor* pada sistem bahan bakar CNG [23]

Selanjutnya, CNG dengan tekanan yang sudah diatur dialirkan ke *fuel rail*. Di dalam *fuel rail*, tekanan CNG dimonitor secara terus menerus oleh sebuah *medium pressure sensor* yang dihubungkan ke *Engine Control Module (ECM)* untuk mengatur volume injeksi. *Medium pressure sensor* dilengkapi dengan *temperature sensor*. Prinsip kerja seperti ini mirip dengan teknologi *Vapor Phase Injection (VPI)* pada teknologi kendaraan LPG [6]. CNG *fuel rail* dan *medium pressure sensor* disajikan dalam Gambar 4, sementara ilustrasi injektor untuk CNG dan bensin disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 4. CNG *fuel rail* dan *medium pressure sensor* pada sistem bahan bakar CNG [23]



Gambar 5. Konfigurasi injektor CNG dan bensin [23]

3. Komparasi Performa

3.1. Output Daya Mesin

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Tahir dkk [20], CNG menghasilkan kinerja yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar cair (bensin). Daya mesin yang dioperasikan dengan CNG lebih rendah sekitar 18,5% daripada ketika kendaraan dioperasikan dengan bensin. Hasil yang hampir sama juga dilaporkan oleh Darade [25], bahkan output daya kendaraan CNG lebih rendah dari mesin yang dioperasikan dengan LPG. Alasan utama

menurunnya daya saat menggunakan CNG adalah karena efisiensi volumetrik CNG lebih rendah daripada bahan bensin, karena sifat fisiknya adalah gas. Alasan ini juga dilaporkan oleh Iremiscu [26].

3.2. Manfaat lingkungan

Sebagai salah satu keuntungan, perbandingan emisi CNG dibandingkan dengan bahan bakar konvensional disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan emisi CNG dengan minyak (Pounds per Billion Btu of Energy Input) [27]

| Fuel | CNG | Oil |
|-----------------|---------|---------|
| Carbon dioxide | 117.000 | 164.000 |
| Carbon monoxide | 40 | 33 |
| Nitrogen oxides | 92 | 448 |
| Sulfur oxide | 1 | 1.12 |
| Particulates | 1 | 84 |
| Mercury | 0.00 | 0.007 |

Emisi CO dan HC dari mesin yang menggunakan CNG pada berbagai variasi rasio kompresi juga dilaporkan oleh Darade [25]. Hasilnya lebih rendah daripada bensin dan LPG hampir di semua rasio kompresi yang diteliti.

3.3. Manfaat Ekonomi

Selanjutnya, dari sisi ekonomi, sebuah studi analitik tentang penghematan penggunaan CNG untuk mobil pribadi salah satunya telah dilaporkan oleh Kurniaty [28]. Hasil studi ini melaporkan bahwa jarak tempuh kendaraan yang menggunakan CNG lebih jauh sebesar 1,5 km/liter (Pertalite 12 km/liter dan CNG 13,5 km/lsp).

Pengguna kendaraan pribadi yang mengkonversikan kendaraannya dari pertalite ke CNG akan memperoleh penghematan sebesar Rp 20.688 perhari per unit kendaraan (dengan asumsi jarak tempuh perhari adalah 60 km atau setara dengan konsumsi 5 liter pertalite). Dengan demikian, penghematan dalam 1tahun mencapai Rp 7 juta. Jika beralih dari pertamax, penghematan yang didapat sebesar Rp 23.250 per hari per unit kendaraan, atau setara Rp 8 juta per tahun.

Namun demikian, *Break Even Point* (BEP) yang akan diperoleh pemilik kendaraan sangat bergantung dengan biaya konversi yang

dikeluarkan. Semakin kecil biaya konversi, semakin cepat BEP diperoleh. Dalam laporan Kurniaty [28], biaya konversike CNG mencapaiRp34 juta, sehingga BEP-nya akan diterima setelah 4.5 tahun (dibandingkan dengan pertalite) dan setelah 4 tahun (dibandingkan dengan pertalite). Dari aspek finansial, konversi ke LPG lebih memberikan manfaat ekonomi yang lebih baik daripada CNG, seperti yang dilaporkan oleh penulis dalam publikasi sebelumnya [29].

4. Kesimpulan

CNG memiliki efek lingkungan yang lebih baik daripada LPG dan bensin. Ketersediaan jangka panjang dari CNG juga lebih baik daripada bahan bakar alternatif berbasis minyak seperti LPG karena CNG diperoleh dari ekstraksi gas alam. Namun demikian, karena sifatnya, efisiensi volumetrik CNG lebih rendah daripada bensin dan LPG, yang menjadikan salah satu alasan menurunnya output daya mesin. Karena tekanan CNG yang juga lebih besar daripada LPG, converter kits CNG lebih mahal daripada LPG sehingga BEP kendaraan bensin yang dikonversi ke CNG lebih lama dibandingkan dengan yang dikonversi ke LPG. Namun demikian, untuk pengembangan jangka panjang, CNG lebih beralasan daripada LPG. Biaya konversi yang mahal dapat diselesaikan dengan program konversi yang dibiayai pemerintah atau dengan pemberian insentif bagi pemilik kendaraan yang mau mengkonversikan kendaraannya ke CNG. Insentif bisa berupa insentif insentif fiskal termasuk pajak pemilikan kendaraan, penyediaan peralatan converter secara gratis, dan sebagainya.

Ucapan Terimakasih

Artikel ini merupakan sebagian luaran dari proyek pengembangan kendaraan berbahan bakar LPG dan CNG di Laboratorium Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang. Untuk itu, diucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para reviewer yang telah memberikan saran perbaikan selama artikel ini.

Referensi

- [1] International Energy Agency, *Automotive Fuel for the Future*. .
- [2] G. Harrow, "Options for Alternative Fuels and Advanced Vehicles in Greensburg, Kansas," 2008.
- [3] Semin and R. A. Bakar, "A Technical Review of Compressed Natural Gas as an Alternative Fuel for Internal Combustion Engines," *American J. of Engineering and Applied Sciences*, vol. 1, no. 4, pp. 302–311, 2008.
- [4] COWI, "State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union," 2015.
- [5] A. Kowalewicz and M. Wojtyniak, "Alternative fuels and their application to combustion engines," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers , Part D : Journal of Automobile Engineering*, vol. 219, no. January 2005, pp. 103–125, 2005.
- [6] M. Setiyo, B. Waluyo, M. Husni, and D. W. Karmiadiji, "Characteristics of 1500 CC LPG fueled engine at various of mixer venturi area applied on Tesla A-100 LPG vaporizer," *Jurnal Teknologi*, 2016.
- [7] M. Setiyo, B. Waluyo, W. Anggono, and M. Husni, "Performance of gasoline/LPG BI-fuel engine of manifold absolute pressure sensor (MAPS) variations feedback," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016.
- [8] M. Setiyo, S. Munahar, A. Triwiyatno, and J. D. Setiawan, "Modeling of deceleration Fuel cut-off for LPG fuelled engine using Fuzzy logic controller," *International Journal of Vehicle Structures and Systems*, vol. 9, no. 4, 2017.
- [9] M. Setiyo and S. Munahar, "AFR and fuel cut-off modeling of LPG-fueled engine based on engine, transmission, and brake system using fuzzy logic controller (FLC)," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 2017.
- [10] M. A. Ceviz, A. Kaleli, and E. Güner, "Controlling LPG temperature for SI engine applications," *Applied Thermal Engineering*, vol. 82, pp. 298–305, 2015.
- [11] C. Çınar, F. Şahin, Ö. Can, and A. Uyumaz, "A comparison of performance and exhaust emissions with different valve lift profiles between gasoline and LPG fuels in a SI engine," *Applied Thermal Engineering*, vol. 107, pp. 1261–1268, 2016.
- [12] J. Adolf, C. Balzer, A. Joedicke, and U. Schabla, "Shell LPG Study," Hamburg, 2015.
- [13] J. Valentine, J. Clifton-Brown, A. Hastings, P. Robson, G. Allison, and P. Smith, "Food vs. fuel: The use of land for lignocellulosic 'next generation' energy crops that minimize competition with primary food production," *GCB Bioenergy*, vol. 4, no. 1, pp. 1–19, 2012.
- [14] A. Elobeid and C. Hart, "Ethanol Expansion in the Food versus Fuel Debate: How Will Developing Countries Fare?," *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, vol. 5, no. 2, 2007.
- [15] M. Setiyo, A. W. Jamin, R. Nugroho, and M. R. I, "Uji Ketahanan Korosi Tangki Bahan Bakar Dengan Metode Gravimetri pada Kendaraan berbahan bakar," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, 2017.
- [16] M. Farzaneh-Gord, M. Deymi-Dashtebayaz, and H. R. Rahbari, "Studying effects of storage types on performance of CNG filling stations," *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 334–340, Mar. 2011.
- [17] H. Moghbelli and A. H. Niasar, "Conversion of gasoline vehicles to cng hybrid vehicles (cng-electric vehicles)," *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, vol. 6, no. 13, pp. 2332–2338, 2013.
- [18] M. Mahendra, S. Kartohardjono, and Y. Muharam, "Implementation Application of Alternative Fuel for Land Transportation Sector in Indonesia Based on Other Countries Experience," *Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 7, pp. 524–536, 2013.
- [19] Union Gas, "Chemical Composition of Natural Gas," 2013. [Online]. Available:

- <https://www.uniongas.com/about-us/about-natural-gas/Chemical-Composition-of-Natural-Gas>. [Accessed: 04-Apr-2018].
- [20] M. M. Tahir, M. S. Ali, M. A. Salim, R. A. Bakar, A. M. Fudhail, M. Z. Hassan, and M. S. Abdul Muhaimin, "Performance analysis of a spark ignition engine using compressed natural gas (CNG) as fuel," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 355–362, 2015.
- [21] Propane Education and Research Council, *Converting Vehicles to Propane Autogas Part 1 : Installing Fuel Tanks and Fuel Lines*. Washington, D.C.: Propane Education & Research Council, 2011.
- [22] C. Nwaoha and U. J. Iyoke, "A Review on Natural Gas Utilization and Cutting Carbon Emissions: How viable is Compressed Natural Gas for Road Vehicle Fuel?," *Journal of energy Technologies and Policy*, vol. 3, no. 5, pp. 37–46, 2013.
- [23] GommeBlog.it: Car & Performance, "Bosch Compressed Natural Gas Powertrain Animation," *YouTube*, 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=11cgTziUizU&feature=youtu.be>. [Accessed: 04-Apr-2018].
- [24] Better Parts Ltd., "Volvo S60 Bi-Fuel." [Online]. Available: <https://betterparts.org/photo/volvo-s60-bi-fuel-02.html>. [Accessed: 13-Apr-2018].
- [25] P. M. Darade and R. S. Dalu, "Investigation of Performance and Emissions of CNG Fuelled VCR Engine," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [26] A. Irimescu, "Study of Volumetric Efficiency for Spark Ignition Engines Using Alternative Fuels," *Analele Universității "Eftimie Murgu"*, no. 2, pp. 149–154, 2010.
- [27] Natgas, "Natural Gas and the Environment," *NaturalGas.org*, 2013. [Online]. Available: <http://naturalgas.org/environment/naturalgas/>. [Accessed: 04-Apr-2018].
- [28] I. Kurniaty, "Evaluasi Aspek Finansial Penghematan Bahan Bakar Bensin Menjadi CNG (Compressed Natural Gas) Untuk Mobil Pribadi," *Konversi*, vol. 6, no. 1, pp. 43–50, 2017.
- [29] M. Setiyo, S. Soeparman, N. Hamidi, and S. Wahyudi, "Techno-economic analysis of liquid petroleum gas fueled vehicles as public transportation in Indonesia," *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 6, no. 3, pp. 495–500, 2016.